

## English Translation of PCT/EP02/08409

## Device for optical pumping a laser-active solid body

The invention relates to a device for optical pumping a rod-shaped or slab-shaped, laser-active solid body with pumping light, which is coupled at the front side into the solid body and is distributed by reflection.

Such an optical pumping device is already known and schematically shown in Fig. 5.

In this known optical pumping device 50, which is schematically shown in Fig. 5, focussed pumping light 51 is coupled at the front side into a rod-shaped Nd:YAG laser crystal 52. The coupled pumping light 54 is totally reflected at the inner side of the polished lateral surface 53 of the laser crystal 52, and is thereby guided within the laser crystal 52 until it is largely absorbed such that the crystal is optically pumped over its entire length but the crystal volume is not completely utilized.

However, the multiple total reflection produces local points of increased pumping power density in the laser crystal which produce a strong thermal disturbance in these areas of the laser crystal which again results in strong detuning of the optical resonator. This means that the thermal disturbance greatly limits the usable pumping power. Moreover, the polished lateral surface can generate so-called ASE (amplified stimulated emission) and parasitary modes which have a strong negative influence on the laser efficiency and laser beam quality.

It is therefore the object of the invention to distribute the coupled pumping light in the solid body as homogeneously as possible in an optical pumping arrangement of the above-mentioned type.

This object is achieved in a first aspect of the invention in that the solid body is surrounded by a reflector and pumping light that exits through the lateral surface of the solid body re-enters the solid body in a diffusely distributed fashion.

The diffuse distribution of the pumping light and the resulting homogeneous illumination of the solid body produce no local excess of the pumping light power density thereby reducing the thermal disturbance in the solid body. This results in that the optical resonator is slightly detuned and becomes instable only with higher pumping power. Compared with the known pumping arrangement, the invention achieves a higher pumping power which increases the extraction of power. The invention also achieves a reduction of the length of the solid body, increased doping in the solid body and improved laser beam quality with the same laser power.

In preferred embodiments of the invention, the lateral surface has a surface quality which diffusely distributes penetrating pumping light and prevents total reflection of the coupled pumping light and spatially homogenizes the pumping light. The surface quality of the lateral surface also effectively suppresses formation of ASE and parasitary modes. The lateral surface is, for example, partially or completely roughened (e.g. matted) or structured such that at least 3%, preferably at least 20%, particularly preferred at least 40%, of the pumping light, coupled at the front side, exits through the lateral surface to the outside.

In particular, in embodiments with insufficient diffuse distribution of the pumping light at the lateral surface, the reflector is designed to be diffusely reflecting.

In embodiments with sufficient diffuse distribution of the pumping light through the lateral surface, one reflector is sufficient which reflects the exiting pumping light like a mirror, i.e. distributes it in a non-diffuse fashion.

In a further preferred embodiment of the invention, a medium, having a higher refractive index than the solid body, is provided on the outside of the lateral surface thereby preventing total reflection of the coupled pumping light at the inner side of the lateral surface. The medium is, for example, provided as a layer on the lateral surface or the annular gap between the lateral surface and the reflector is filled with the medium.

An annular gap is preferably provided between the solid body and the reflector through which advantageously a cooling medium can flow to cool the solid body.

The above-mentioned object is achieved in a second aspect of the invention also in that the lateral surface has a surface quality which diffusely distributes impinging pumping light and is provided with a reflecting layer.

The light beams of the coupled pumping light which impinge on the lateral surface are diffusely distributed due to the surface quality of the lateral surface, and are reflected by the reflecting layer into the solid body in the form of diffuse light. Homogenization of the pumping light and the resulting homogeneous illumination of the solid body produce no local excess of the power density of the pumping light thereby reducing the thermal disturbance in the laser crystal. This has the result that the optical resonator is less detuned and becomes instable only at higher pumping power permitting higher pumping power which increases the extraction of power. The surface quality of the lateral surface also effectively suppresses formation of ASE and parasitary modes.

In the inventive optical pumping arrangement, at least 3%, preferably at least 20%, particularly preferred at least 40% of the front-side coupled pumping light is diffusely distributed in the solid body.

The inventive optical pumping arrangement can be used for operating a laser oscillator and also as postamplifying arrangement.

For example, laser crystals of quasi-homogeneous doped volume material, composite crystals with segments of different doping, gradient-doped crystals and gradient-doped sintered, polycrystalline laser ceramics may be used as laser-active solid bodies.

Further advantages of the invention can be extracted from the description and the drawing. The features mentioned above and below may be used in accordance with the invention either individually or collectively in any arbitrary combination. The embodiments shown and described are not to be understood as exhaustive enumeration but have exemplary character for describing the invention.

Fig. 1 shows a first embodiment of the inventive optical pumping device with matted lateral surface of the laser-active solid body and with diffusely reflecting reflector;

Fig. 2 shows a second embodiment of the inventive optical pumping device with matted lateral surface of the laser-active solid body and with a mirror-like reflecting, i.e. not diffusely distributing, reflector;

Fig. 3 shows a third embodiment of the inventive optical pumping device with a layer which is provided on the polished lateral surface of the laser-active solid body and has a higher refractive index than the solid body, and with diffusely reflecting reflector;

Fig. 4 shows a fourth embodiment of the inventive optical pumping device with a reflecting layer on the matted lateral surface of the laser-active solid body; and

Fig. 5 shows a known optical pumping device, wherein the pumping light coupled into the solid body is totally reflected at the inner side of the polished lateral surface of the solid body (without explicit diffuse scattering).

The device 1 shown in Fig. 1 serves for optical pumping a rod-shaped, laser-active solid body 2, e.g. of a Nd:YAG crystal. Towards this end, focussed pumping light 3 of one or more laser diodes is coupled into the solid body 2 via one or both front surfaces 4. The pumping light 3 is thereby preferably focussed through the end surface(s) 4 into a non-doped end region of the solid body 2. The solid body 2 is surrounded by a diffusely reflecting reflector 5 thereby forming an annular space or annular gap 6. The lateral surface 7 of the solid body 2 is matted or roughened such that the coupled pumping light is not totally reflected at the lateral surface 7 and light beams 8 of the coupled pumping light which impinge on the lateral surface 7 each exit as diffuse light 9 into the annular gap 6. The light beams 10 of the diffuse light 9 are reflected as diffuse light 11 at the reflector 5 to the lateral surface 7. The light beams 12 of the diffuse light 11 each re-enter through the matted lateral surface 7 in the form of diffuse light 13 into the solid body 2. The beam guidance described is repeated for the light beams 14 of the coupled diffuse light 13 until they are largely absorbed in the solid body 2. The diffuse distribution of the pumping light in the solid body 2 provides homogeneous distribution of the pumping light in the solid body, and the pumping light power density reaches no local excesses thereby reducing the thermal disturbance in the solid body 2.

The annular gap 6 is sealed at the ends from the outside via annular seals 15 and a cooling liquid flows through it for cooling the solid body 2. The lateral surface 7 is polished at the ends cooperating with the annular seals 15 to improve the sealing effect.

The optical pumping device 20 shown in Fig. 2 differs from the optical pumping device 1 by a reflector 21 which reflects impinging light like a mirror. The light beams 10 of the diffuse light 9 exiting the matted lateral surface 7 are reflected each as light beams 22 like a mirror at the reflector 21 and coupled as diffuse light 23 into the solid body 2 through the matted lateral surface 7. The described beam guidance is repeated for the light beams 24 of the coupled diffuse light 23 until they are largely absorbed in the solid body 2.

The pumping device 30 of Fig. 3 differs from the optical pumping device 1 in that a layer 31 with higher refractive index than the solid body 2 which prevents total reflection is provided on the outside of the totally reflecting polished lateral surface 7 of the solid body 2. For this reason, the light beams 8 of the coupled pumping light which impinge on the inner side of the lateral surface 7 exit through the polished lateral surface 7 and the layer 31 into the annular gap 6 as light beams 32 each which are subsequently reflected at the diffusely reflecting reflector 5 each in the form of diffuse light 33 to the lateral surface 7. The light beams 34 of the diffuse light 33 re-enter as light beams 35 each through the layer 31 and the lateral surface 7 into the solid body 2. The described beam guidance is repeated for the light beams 35 until they are largely absorbed in the solid body 2.

In the optical pumping device 40 shown in Fig. 4, the matted or roughened lateral surface 7 of the solid body 2 is provided with a reflecting layer 41. Light beams 8 of the coupled pumping light which impinge on the lateral surface 7 are diffusely distributed at the matted

lateral surface 7 and reflected as diffuse light 42 by the reflecting layer 41 back to the solid body 2. The described beam guidance is repeated for the light beams 43 of the diffuse light 42 until they are largely absorbed in the solid body 2.

## Claims

1. Device (1; 20; 30) for optical pumping a rod-shaped or slab-shaped, laser-active solid body (2) with pumping light (3) which is coupled at the front side into the solid body (2) and is distributed by reflection, characterized in that the solid body (2) is surrounded by a reflector (5; 21) and pumping light (10; 32) that exits through the lateral surface (7) of the solid body (2), re-enters the solid body (2) in a diffusely distributed fashion.
2. Device according to claim 1, characterized in that the lateral surface (7) has a surface quality which diffusely distributes penetrating pumping light (8).
3. Device according to claim 1 or 2, characterized in that the reflector (5) diffusely reflects the exiting pumping light (10).
4. Device according to claim 1 or 2, characterized in that the reflector (21) reflects the exiting pumping light (10) like a mirror.
5. Device according to claim 1, characterized in that a medium having a higher refractive index than the solid body (2) is provided on the outside of the lateral surface (7).
6. Device according to claim 5, characterized in that the medium is provided outside on the lateral surface (7) in the form of a layer (31).
7. Device according to claim 5 or 6, characterized in that the reflector (5) diffusely reflects exiting pumping light (10).



8. Device according to any one of the preceding claims, characterized in that an annular gap (6) is provided between the solid body (2) and the reflector (5; 21).

9. Device (40) according to the pre-characterizing part of claim 1, characterized in that the lateral surface (7) has a surface quality which diffusely distributes impinging pumping light (8), and is provided with a reflecting layer (41).

10. Device according to any one of the preceding claims, characterized in that at least 3%, preferably at least 20%, particularly preferred at least 40% of the pumping light (8), coupled at the front side, is diffusely distributed in the solid body (2).

### Abstract

To distribute, in a device (1) for optical pumping a rod-shaped or slab-shaped laser-active solid body (2) with pumping light (3) which is coupled at the front side into the solid body (2) and is distributed by reflection, the coupled pumping light (8) in the solid body (2) as homogeneous as possible, the solid body (2) is surrounded by a reflector (5) and pumping light (10) exiting the lateral surface (7) of the solid body (2) re-enters the solid body (2) in a diffusely distributed fashion.

(Fig. 1)

## New Claims

1. Device (1; 20; 30) for optical pumping a rod-shaped or slab-shaped, laser-active solid body (2) with pumping light (3) which is coupled at the front side into the solid body (2) and is distributed therein by reflection, characterized in that the solid body (2) is surrounded by a reflector (5; 21) thereby forming an annular gap (6) and pumping light (10; 32) that exits through the lateral surface (7) of the solid body (2) is diffusely distributed at the lateral surface (7) and/or at the reflector (5).
2. Device according to claim 1, characterized in that the lateral surface (7) has a surface quality which diffusely distributes penetrating pumping light (8).
3. Device according to claim 1 or 2, characterized in that the reflector (5) diffusely reflects the exiting pumping light (10).
4. Device according to claim 1 or 2, characterized in that the reflector (21) reflects the exiting pumping light (10) like a mirror.
5. Device according to claim 1, characterized in that a medium having a higher refractive index than the solid body (2) is provided on the outside of the lateral surface (7).
6. Device according to claim 5, characterized in that the medium is provided outside on the lateral surface (7) in the form of a layer (31).
7. Device according to claim 5 or 6, characterized in that the reflector (5) diffusely reflects exiting pumping light (10).

8. Device according to any one of the preceding claims, characterized in that a cooling medium, in particular water, flows through the annular gap (6).

9. Device according to any one of the preceding claims, characterized in that at least 3%, preferably at least 20%, particularly preferred at least 40% of the pumping light (8), coupled at the front side, is diffusely distributed in the solid body (2).

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
13. Februar 2003 (13.02.2003)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 03/012935 A2**

(51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: **H01S 3/00**

**LASER MARKING SYSTEMS AG** [CH/CH]; Ausserfeld, CH-7214 Grüsch (CH).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP02/08409

(22) Internationales Anmeldedatum:  
27. Juli 2002 (27.07.2002)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
101 37 069.5 28. Juli 2001 (28.07.2001) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **HAAS-LASER GMBH + CO. KG** [DE/DE]; Aichhalder Strasse 39, 78713 Schramberg (DE). **TRUMPF**

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **KUMKAR, Malte** [DE/DE]; Hangstrasse 26, 78713 Schramberg (DE). **DONG, Shalei** [—/DE]; Holzwald 6, 78664 Eschbronn (DE). **WALLMEROH, Klaus** [DE/DE]; Schwarzwaldstrasse 4, 78658 Zimmern (DE). **OEHLER, Andreas** [DE/CH]; Kantonstrasse 98, CH-7205 Zizers (CH). **NATE, Markus** [DE/CH]; Broggerweg 52b, CH-7208 Malans (CH).

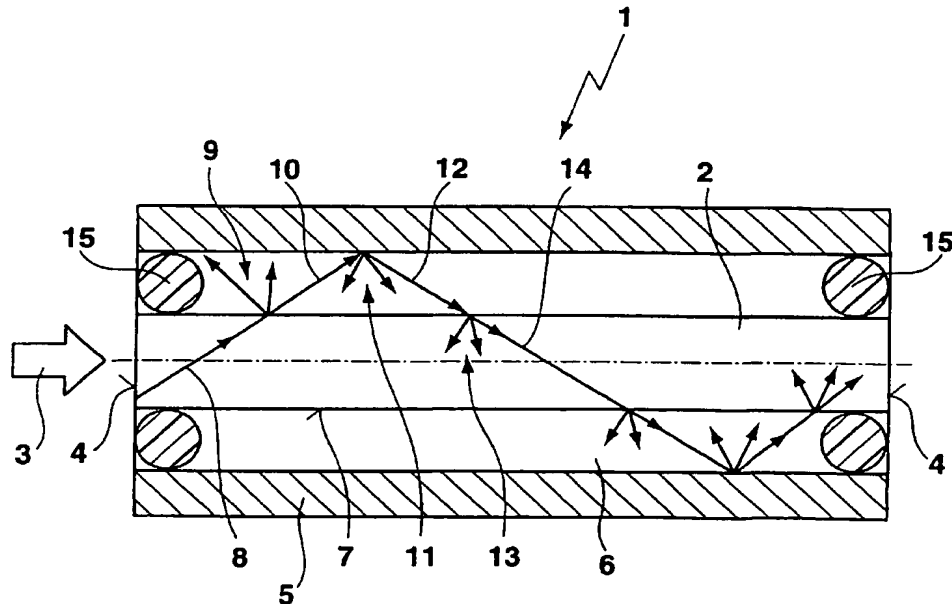
(74) Anwalt: **RANK, Christoph**; Kohler Schmid + Partner, Patentanwälte GbR, Ruppmanstrasse 27, 70565 Stuttgart (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (national): JP, US.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: DEVICE FOR OPTICALLY PUMPING A LASER-ACTIVE SOLID BODY

(54) Bezeichnung: VORRICHTUNG ZUM OPTISCHEN PUMPEN EINES LASERAKTIVEN FESTKÖRPERS



(57) Abstract: The invention relates to a device (1) for optically pumping a rod-shaped or slab-shaped laser-active solid body (2) using pumped light (3), which is injected into the solid body (2) at the end thereof and is distributed by reflection. The aim of the invention is to distribute the injection pumped light (8) inside the solid body (2) in the most homogenous possible manner. To this end, the solid body (2) is enclosed by a reflector (5) and pumped light (10) exiting via the lateral surface (7) of the solid body (2) returns inside the solid body (2) while being distributed in a diffused manner.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 03/012935 A2



(84) **Bestimmungsstaaten** (*regional*): europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, SK, TR).

*Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.*

**Veröffentlicht:**

— *ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts*

---

(57) **Zusammenfassung:** Um bei einer Vorrichtung {1} zum optischen Pumpen eines stab- oder slabförmigen, laseraktiven Festkörpers {2} mittels Pumplichts {3} I das stirnseitig in den Festkörper {2} eingekoppelt und durch Reflexion verteilt wird, das eingekoppelte Pumplicht {8} möglichst homogen im Festkörper {2} zu verteilen, ist der Festkörper {2} von einem Reflektor {5} umgeben und tritt durch die Mantelfläche {7} des Festkörpers {2} austretendes Pumplicht {10} diffus verteilt zurück in den Festkörper {2} ein.

Vorrichtung zum optischen Pumpen eines  
laseraktiven Festkörpers

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum optischen Pumpen eines stab- oder slabförmigen, laseraktiven Festkörpers mittels Pumplichts, das stirnseitig in den Festkörper eingekoppelt und durch Reflexion verteilt wird.

Eine derartige optische Pumpvorrichtung ist bereits bekannt und in Fig. 5 schematisch dargestellt.

Bei dieser bekannten, in Fig. 5 schematisch gezeigten optischen Pumpvorrichtung 50 wird fokussiertes Pumplicht 51 stirnseitig in einen stabförmigen Nd:YAG-Laserkristall 52 eingekoppelt. An der polierten Mantelfläche 53 des Laserkristalls 52 wird das eingekoppelte Pumplicht 54 innenseitig totalreflektiert und dadurch innerhalb des Laserkristalls 52 geführt, bis es weitgehend absorbiert ist, so dass der Kristall zwar über seine gesamte Länge optisch gepumpt wird, das Kristallvolumen aber nicht vollständig ausgenutzt wird.

Allerdings entstehen im Laserkristall durch die mehrfache Totalreflektion lokale Stellen mit erhöhter Pumpleistungsdichte, die zu einer starken thermischen Störung in diesen Bereichen des Laserkristalls führen, welche wiederum eine starke Verstimmung des optischen Resonators zur Folge haben. Dies bedeutet, dass die thermische Störung die nutzbare Pumpleistung stark beschränkt. Außerdem können sich durch die polierte Mantelfläche sogenannte ASE (amplified stimulated emission) und parasitäre Moden ausbilden, welche die Effizienz sowie die Strahlqualität des Lasers stark negativ beeinflussen.

Es ist daher die Aufgabe der Erfindung, bei einer optischen Pumpanordnung der eingangs genannten Art das eingekoppelte Pumplicht möglichst homogen im Festkörper zu verteilen.



Diese Aufgabe wird in einem ersten Aspekt der Erfindung dadurch gelöst, dass der Festkörper von einem Reflektor umgeben ist und dass durch die Mantelfläche des Festkörpers austretendes Pumplicht diffus verteilt zurück in den Festkörper eintritt.

Durch die diffuse Verteilung des Pumplichts und die daraus resultierende homogene Ausleuchtung des Festkörpers entstehen keine lokalen Überhöhungen der Leistungsdichte des Pumplichts, wodurch sich im Festkörper eine geringere thermische Störung ausbildet. Dies führt dazu, dass der optische Resonator in geringerem Maße verstimmt wird und somit erst bei höherer Pumpleistung instabil wird. Verglichen mit der bekannten Pumpanordnung ermöglicht die Erfindung dadurch eine höhere Pumpleistung, was zu einer größeren möglichen Leistungsextraktion führt. Weiterhin sind bei gleicher Laserleistung eine geringere Länge des Festkörpers, eine höhere Dotierung im Festkörper und eine bessere Laserstrahlqualität möglich.

Bei bevorzugten Ausführungsformen der Erfindung weist die Mantelfläche eine hindurchtretendes Pumplicht diffus verteilende Oberflächenbeschaffenheit auf, die die Totalreflexion des eingekoppelten Pumplichts verhindert und das Pumplicht räumlich homogenisiert. Aufgrund dieser Oberflächenbeschaffenheit der Mantelfläche wird auch die Ausbildung von ASE und parasitären Moden wirksam unterdrückt. Beispielsweise ist die Mantelfläche teilweise oder vollständig derart aufgeraut (z.B. mattiert) oder strukturiert,

dass mindestens 3%, bevorzugt mindestens 20%, besonders bevorzugt mindestens 40% des stirnseitig eingekoppelten Pumplichts durch die Mantelfläche nach außen austreten.

Insbesondere bei Ausführungsformen, bei denen das Pumplicht an der Mantelfläche nicht ausreichend diffus verteilt wird, ist der Reflektor diffus reflektierend ausgebildet.

Bei Ausführungsformen, bei denen das Pumplicht durch die Mantelfläche bereits ausreichend diffus verteilt wird, reicht ein Reflektor, der das ausgetretene Pumplicht spiegelnd reflektiert, d.h. nicht diffus verteilt.

Bei einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist an der Mantelfläche außen ein Medium mit einem höheren Brechungsindex als der Festkörper vorgesehen, wodurch die innenseitige Totalreflexion des eingekoppelten Pumplichts an der Mantelfläche verhindert wird. Beispielsweise ist das Medium an der Mantelfläche als Schicht vorgesehen oder der Ringspalt zwischen Mantelfläche und Reflektor mit dem Medium ausgefüllt.

Vorzugsweise ist zwischen Festkörper und Reflektor ein Ringspalt vorgesehen, der vorteilhaft zur Kühlung des Festkörpers von Kühlmedium durchströmt werden kann.

Die oben genannte Aufgabe wird in einem zweiten Aspekt der Erfindung auch dadurch gelöst, dass die Mantelfläche eine auftreffendes Pumplicht diffus verteilende Oberflächenbeschaffenheit aufweist und mit einer Reflexionsschicht versehen ist.

Auf die Mantelfläche auftreffende Lichtstrahlen des eingekoppelten Pumplichts werden aufgrund dieser Oberflächenbeschaffenheit der Mantelfläche diffus verteilt und als diffuses Licht von der Reflexionsschicht zurück in den Festkörper reflektiert. Durch die Homogenisierung des Pumplichts und die daraus resultierende homogene Ausleuchtung des Festkörpers entstehen keine lokalen Überhöhungen der Leistungsdichte des Pumplichts, wodurch sich im Laserkristall eine geringere thermische Störung ausbildet. Dies führt dazu, dass der optische Resonator in geringerem Maße verstimmt wird und somit erst bei höherer Pumpleistung instabil wird. Dadurch sind höhere Pumpleistungen möglich, was zu einer größeren möglichen Leistungsextraktion führt. Außerdem wird durch die Oberflächenbeschaffenheit der Mantelfläche die Ausbildung von ASE und parasitären Moden wirksam unterdrückt.

Vorzugsweise wird bei der erfindungsgemäßen optischen Pumpanordnung mindestens 3%, bevorzugt mindestens 20%, besonders bevorzugt mindestens 40% des stirnseitig eingekoppelten Pumplichts im Festkörper diffus verteilt.

Die erfindungsgemäße optische Pumpanordnung kann sowohl für den Betrieb eines Laseroszillators als auch als Nachverstärkeranordnung genutzt werden.

Als laserfähige Festkörper können z.B. Laserkristalle aus quasi-homogen dotiertem Volumenmaterial, Composite-Kristalle mit Segmenten unterschiedlicher Dotierung, gradiendotierte Kristalle sowie gradientendotiert-gesinterte, polykristalline Laserkeramiken verwendet werden.

Weitere Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der Beschreibung und der Zeichnung. Ebenso können die vorstehend genannten und die noch weiter aufgeführten Merkmale erfindungsgemäß jeweils einzeln für sich oder zu mehreren in beliebigen Kombinationen Verwendung finden. Die gezeigten und beschriebenen Ausführungsformen sind nicht als abschließende Aufzählung zu verstehen, sondern haben vielmehr beispielhaften Charakter für die Schilderung der Erfindung.

Es zeigt:

Fig. 1 eine erste Ausführungsform der erfindungsgemäßen optischen Pumpvorrichtung mit mattierter Mantelfläche des laseraktiven Festkörpers und mit diffus reflektierendem Reflektor;

- Fig. 2 eine zweite Ausführungsform der erfindungsgemäßen optischen Pumpvorrichtung mit mattierter Mantelfläche des laseraktiven Festkörpers und mit spiegelnd reflektierendem, d.h. nicht diffus verteilendem Reflektor;
- Fig. 3 eine dritte Ausführungsform der erfindungsgemäßen optischen Pumpvorrichtung mit einer auf der polierten Mantelfläche des laseraktiven Festkörpers vorgesehenen Schicht mit höherem Brechungsindex als der Festkörper und mit diffus reflektierendem Reflektor;
- Fig. 4 eine vierte Ausführungsform der erfindungsgemäßen optischen Pumpvorrichtung mit einer Reflexionsschicht auf der mattierte Mantelfläche des laseraktiven Festkörpers; und
- Fig. 5 eine bekannte optische Pumpvorrichtung, bei der das in den Festkörper eingekoppelte Pumplicht an der polierten Mantelfläche des Festkörpers innenseitig totalreflektiert wird (ohne explizit diffuse Streuung).

Die in Fig. 1 gezeigte Vorrichtung 1 dient zum optischen Pumpen eines stabförmigen, laseraktiven Festkörpers 2, z.B. eines Nd:YAG-Kristalls. Dazu wird fokussiertes Pumplicht 3 einer oder mehrerer Laserdioden in den Festkörper 2 über eine oder beide Stirnflächen 4 eingekoppelt. Vorzugsweise wird das Pumplicht 3

dabei durch die Stirnfläche(n) 4 in einen undotierten Endbereich des Festkörpers 2 fokussiert. Der Festkörper 2 ist von einem diffus reflektierenden Reflektor 5 unter Ausbildung eines Ringraums oder Ringspalts 6 umgeben. Die Mantelfläche 7 des Festkörpers 2 ist mattiert bzw. aufgeraut, so dass an der Mantelfläche 7 keine Totalreflexion des eingekoppelten Pumplichts stattfindet und auf die Mantelfläche 7 auftreffende Lichtstrahlen 8 des eingekoppelten Pumplichts jeweils als diffuses Licht 9 in den Ringspalt 6 austreten. Die Lichtstrahlen 10 des diffusen Lichts 9 werden am Reflektor 5 jeweils als diffuses Licht 11 auf die Mantelfläche 7 zurückgeworfen. Die Lichtstrahlen 12 des diffusen Lichts 11 treten durch die mattierte Mantelfläche 7 jeweils als diffuses Licht 13 wieder in den Festkörper 2 ein. Die beschriebene Strahlführung wiederholt sich für die Lichtstrahlen 14 des eingekoppelten diffusen Lichts 13, bis sie im Festkörper 2 weitgehend absorbiert sind. Durch die diffuse Verteilung des Pumplichts im Festkörper 2 ist das Pumplicht im Festkörper homogen verteilt, und es entstehen keine lokalen Überhöhungen der Leistungsdichte des Pumplichts, wodurch sich im Festkörper 2 eine geringere thermische Störung ausbildet.

Der Ringspalt 6 ist endseitig über Ringdichtungen 15 nach außen abgedichtet und wird zur Kühlung des Festkörpers 2 von Kühlflüssigkeit durchströmt. An den mit den Ringdichtungen 15 zusammenwirkenden Enden ist die Mantelfläche 7 für eine bessere Dichtwirkung poliert.

Von der optischen Pumpvorrichtung 1 unterscheidet sich die in Fig. 2 gezeigte optische Pumpvorrichtung 20 durch einen auftreffendes Licht spiegelnd reflektieren Reflektor 21. Die Lichtstrahlen 10 des aus der matten Mantelfläche 7 austretenden diffusen Lichts 9 werden am Reflektor 21 jeweils als Lichtstrahlen 22 spiegelnd reflektiert und durch die matten Mantelfläche 7 jeweils als diffuses Licht 23 in den Festkörper 2 eingekoppelt. Die beschriebene Strahlführung wiederholt sich für die Lichtstrahlen 24 des eingekoppelten diffusen Lichts 23, bis sie im Festkörper 2 weitgehend absorbiert sind.

Von der optischen Pumpvorrichtung 1 unterscheidet sich die in Fig. 3 gezeigte optische Pumpvorrichtung 30 dadurch, dass außen auf der zwar totalreflektierend ausgebildeten, polierten Mantelfläche 7 des Festkörpers 2 eine die Totalreflexion verhindernde Schicht 31 mit höherem Brechungsindex als der Festkörper 2 angebracht ist. Daher treten auf die Mantelfläche 7 innenseitig auftreffende Lichtstrahlen 8 des eingekoppelten Pumplichts durch die polierte Mantelfläche 7 und die Schicht 31 in den Ringspalt 6 jeweils als Lichtstrahlen 32 aus, die dann am diffus reflektierenden Reflektor 5 jeweils als diffuses Licht 33 auf die Mantelfläche 7 zurückgeworfen werden. Die Lichtstrahlen 34 des diffusen Lichts 33 treten durch die Schicht 31 und die Mantelfläche 7 jeweils als Lichtstrahlen 35 wieder in den Festkörper 2 ein. Die beschriebene Strahlführung wiederholt sich für die Lichtstrahlen 35, bis sie im Festkörper 2 weitgehend absorbiert sind.

Bei der in Fig. 4 gezeigten optischen Pumpvorrichtung 40 ist die mattierte bzw. aufgeraute Mantelfläche 7 des Festkörpers 2 mit einer Reflexionsschicht 41 versehen. Auf die Mantelfläche 7 auftreffende Lichtstrahlen 8 des eingekoppelten Pumplichts werden an der mattierten Mantelfläche 7 diffus verteilt und als diffuses Licht 42 von der Reflexionsschicht 41 zurück in den Festkörper 2 reflektiert. Die beschriebene Strahlführung wiederholt sich für die Lichtstrahlen 43 des diffusen Lichts 42, bis sie im Festkörper 2 weitgehend absorbiert sind.



### Patentansprüche

1. Vorrichtung (1; 20; 30) zum optischen Pumpen eines stab- oder slabförmigen, laseraktiven Festkörpers (2) mittels Pumplichts (3), das stirnseitig in den Festkörper (2) eingekoppelt und durch Reflexion verteilt wird, dadurch gekennzeichnet, dass der Festkörper (2) von einem Reflektor (5; 21) umgeben ist und dass durch die Mantelfläche (7) des Festkörpers (2) austretendes Pumplicht (10; 32) diffus verteilt zurück in den Festkörper (2) eintritt.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Mantelfläche (7) eine hindurchtretendes Pumplicht (8) diffus verteilende Oberflächenbeschaffenheit aufweist.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Reflektor (5) das ausgetretene Pumplicht (10) diffus reflektiert.

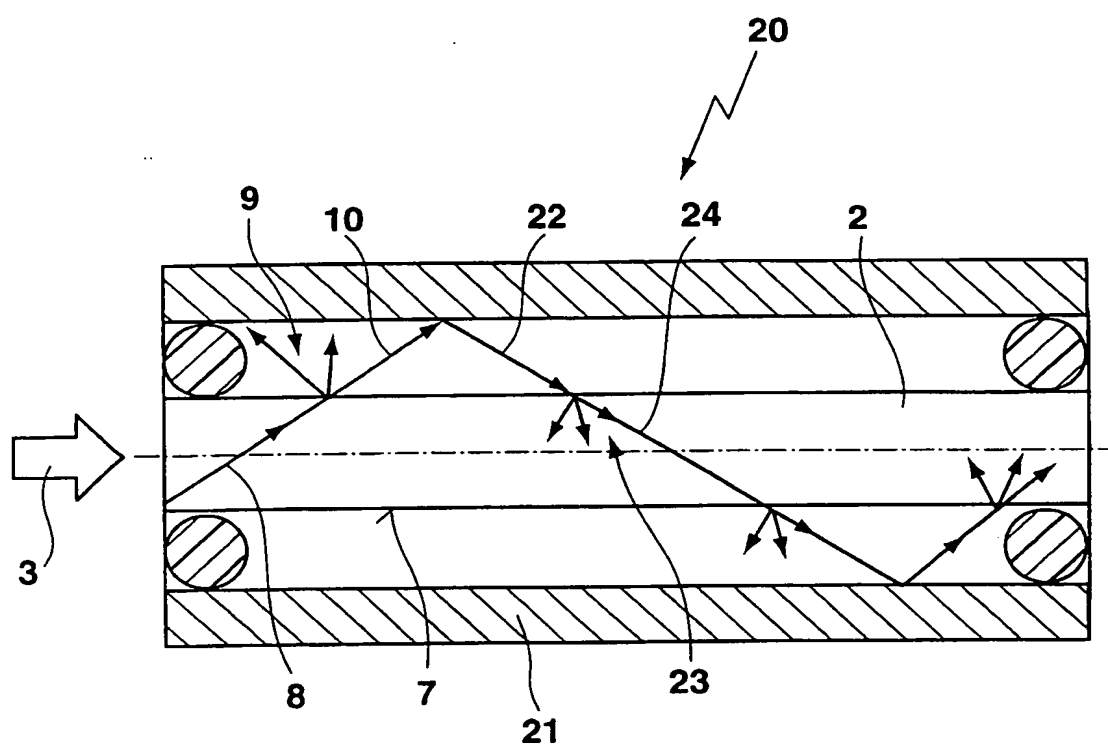
4. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Reflektor (21) das ausgetretene Pumplicht (10) spiegelnd reflektiert.
5. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass an der Mantelfläche (7) außen ein Medium mit einem höheren Brechungsindex als der Festkörper (2) vorgesehen ist.
6. Vorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass das Medium außen an der Mantelfläche (7) als Schicht (31) vorgesehen ist.
7. Vorrichtung nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Reflektor (5) ausgetretenes Pumplicht (10) diffus reflektiert.
8. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen Festkörper (2) und Reflektor (5; 21) ein Ringspalt (6) vorgesehen ist.
9. Vorrichtung (40) gemäß Oberbegriff von Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Mantelfläche (7) eine auftreffendes Pumplicht (8) diffus verteilende Oberflächenbeschaffenheit aufweist und mit einer Reflexionsschicht (41) versehen ist.

10. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens 3%, bevorzugt mindestens 20%, besonders bevorzugt mindestens 40% des stirnseitig eingekoppelten Pumplichts (8) im Festkörper (2) diffus verteilt wird.

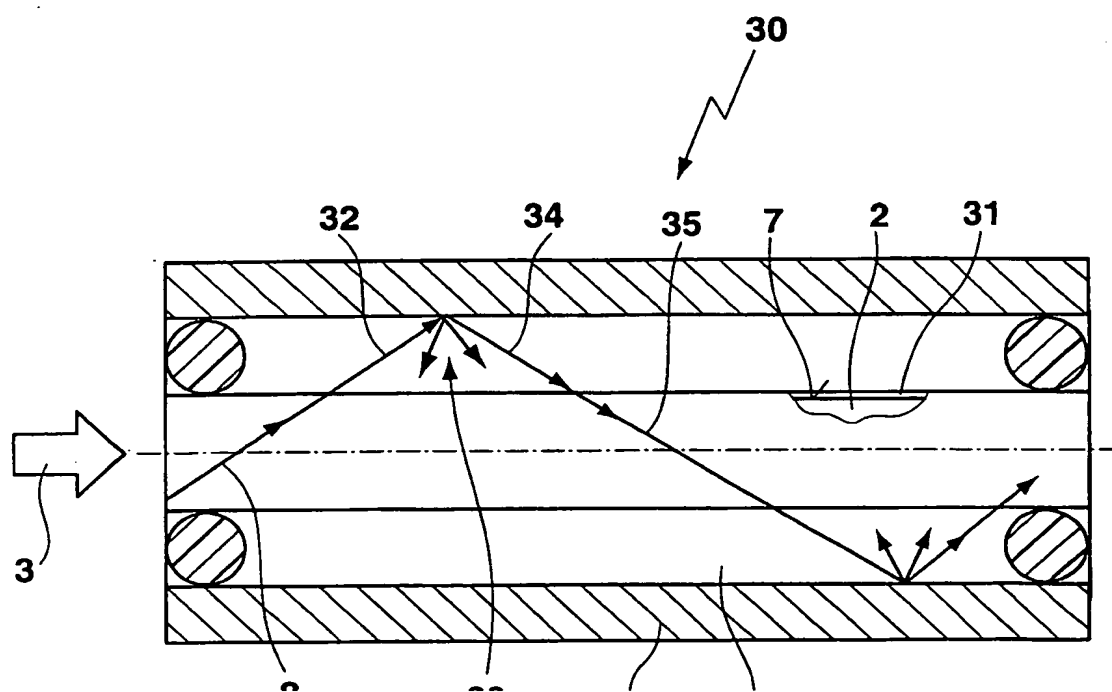


2 / 5

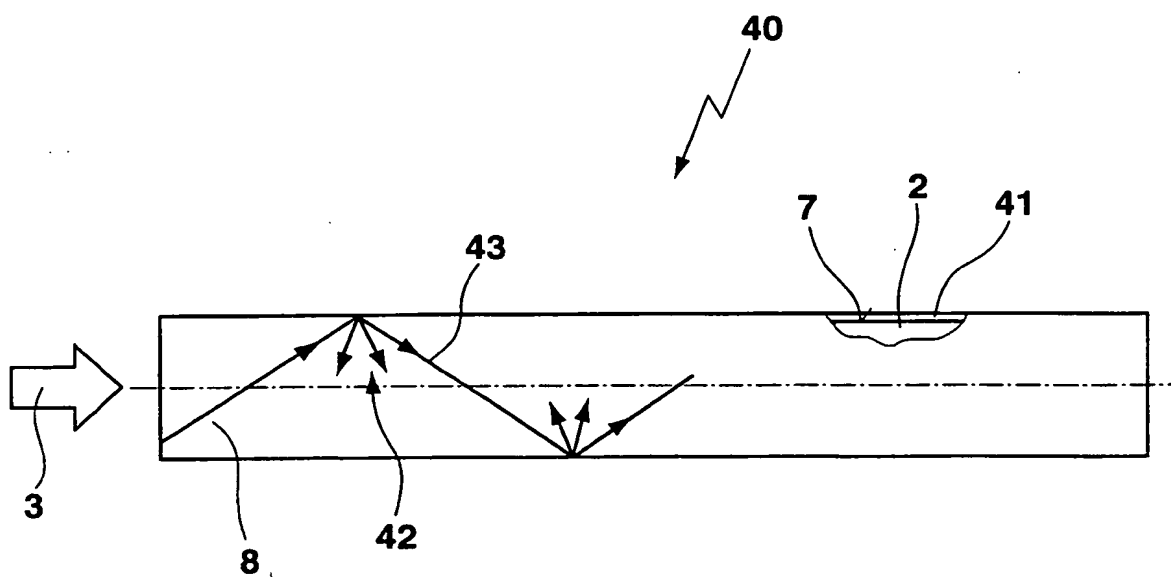
Fig. 2



3 / 5

**Fig. 3**

4 / 5

**Fig. 4**

5 / 5

**Fig. 5**